第14卷 第4期　　昆 虫 学 报　　Vol. 14, No. 4
1965年7月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　July, 1965

松毛虫的种間杂交及杂种生物学的初步观察*

蔡邦華　侯陶謙　宋士美
（中国科学院动物研究所）

摘要　1.根据1962—1963年间在北京实验证明：赤松毛虫 *Dendrolimus spectabilis* Bult.、油松毛虫 *D. tabulaeformis* Tsai et Liu、马尾松毛虫 *D. punctatus* Walk. 三种皆可互相杂交，并且比较容易进行。

2.马尾松毛虫和油松毛虫或赤松毛虫杂交后，其产卵率、孵化率皆达90%以上，杂种第一代亦可正常生长和发育。

3.赤松毛虫和油松毛虫杂交，对成虫的生活期及逐日产卵情况无明显影响。交配历时能达8小时以上，产卵率及孵化率皆达80%以上。

4.赤松毛虫与油松毛虫的杂种第一代幼虫(F_1)明显地表现出杂种优势现象。7月24日—8月8日前孵化的幼虫，在当年完成一代虫的比率比亲虫为高。而F_1的发育期则较亲虫为短。8月14日孵化的杂种第一代幼虫，在进入越冬时的平均体重比亲虫为高。

5.赤松毛虫与油松毛虫的杂种第一代可产生雌性和雄性成虫，并有一定的生殖能力。其成虫和油松毛虫回交，亦比较容易，孵化率可达90%以上，后代亦能正常生长发育。

6.如用分布较远两个地区的赤松毛虫和油松毛虫杂交(山东牟平的赤松毛虫和河北迁西的油松毛虫)其孵化率仅57%。再用杂种第一代成虫相互杂交(F_2)孵化率仅51%。用杂种F_1和赤松毛虫回交所产的卵不孵化。这些情况由于实验虫数较少尚不能做最后决定，有待于进一步研究，但对杂交不育防治松毛虫的可能性，仍有研究余地。

7.由于赤松毛虫和油松毛虫室内杂交比较容易，且有杂种优势现象，因此在自然界分布连接的地区存在着种间杂交的可能性，就容易得到理解。在研究害虫种群数量消长关系时，除一般的气候性、生物性和营养性等因子外，杂种优势的作用亦不可忽视。

一、前　　言

自 Goldschmidt (1912)研究舞毒蛾日本变种和欧洲种杂交后，产生出中间性不育个体以来，曾引起遗传学上的极大兴趣。近年来如 Downes (1959)等主张把这种不育性理论应用到害虫防治的实际中去。这是值得重视的一个建议。生物的遗传性能极为复杂，杂交后代所产生的现象，有属于不育的，也有属于优势发育的。如家蚕的一代杂交和玉米的双杂交品系，都是利用杂种优势原理，在生产上起了很大作用；又如舞毒蛾利用其中间性不育个体，扩大影响，对于根治害虫也有可能发挥作用。

我国松毛虫已发见的不下16种，它们的分布，不仅和地理环境有密切关系，而且和寄主植物有不可分割的影响，所以研究不同种类在自然分布接连地带的数量消长和其杂交现象的关系，不论在理论上和实用上都有重要意义。作者等从1962年开始摸索此项工作以来，由于水平所限，尚未获得重要成果，但从初步结果看来，至少对于进一步了解松毛虫种群数量消长和区系演变规律，已看到了一些苗头，同时对于利用杂交不育防治松毛虫的

* 工作中得到本所刘友樵、黄复生、林德音、刘树森及北京市西山试验林場刘明义等同志大力协助，特此致谢。

可能性，也提出了一些线索。

二、材料和方法

本试验主要在北京西山进行。

（一）供试虫的来源

1. 河北省平泉县的油松毛虫　6 月 26 日采自该县小寺沟和营子两公社的人工幼龄油松純林內。采集时为老熟幼虫期，携带途中已大量化蛹。

2. 河北省迁西县的赤松毛虫和油松毛虫　前者 7 月 20 日采自辛庄子公社，后者 7 月 22 日采自撒河桥公社，都是 10—20 年生的油松純林，两地相距 40—50 公里，采集时皆为盛蛹期，携带途中少部分开始羽化。

3. 河北省抚宁县的赤松毛虫　6 月 30 日采自平市庄附近的 10—20 年生油松純林內，采集时期已开始化蛹。

4. 山东省牟平县的赤松毛虫　7 月 18 日采自昆嵛山林场的 20 余年生赤松純林內（第一林区梧桐夼林班）。采集时正为初蛹期，携带到北京尚未羽化。

5. 浙江省温岭县的马尾松毛虫　7 月 25 日采自大溪公社的 10 余年生马尾松純林內，采集时为化蛹初期，寄运途中有部分开始羽化。

为了使各地化蛹期趋于一致，曾把一部分化蛹较早者置于低温箱內（10—15℃），延迟其羽化期；以便于试验。

（二）交配和孵化率的观察　在近似林地通风良好的普通房间內，将不同地区的松毛虫蛹分别放在 30 × 30 × 30 厘米的铁纱笼內，待其羽化。每日在 18—23 时每隔 15—20 分钟取出刚羽化的成虫，分别放入高 25、直径 13 厘米的铁纱圆笼內，并配进另一种的异性成虫，两端缝上纱布依次编号，并设对照组同时进行观察，逐日检查交配、产卵和死亡情况，待成虫（♀♂）死亡后检查腹內卵粒数，并把产出卵子放入大指形管內孵化，统计孵化率。

（三）杂交选择性的观察　在同样大小的交配纱笼內，放进同时羽化的成虫 3 头（同种♀、♂一对加异种♀或♂一头）或成虫 4 头（同种♀、♂一对加异种♀、♂一对），逐晚观察交配情况。

（四）赤松毛虫 × 油松毛虫杂种第一代(F_1)幼虫飼育　分室內室外各两批进行。室內第一批为 7 月 24—27 日孵化的幼虫，分以下两组饲育：

1. 集体饲育　每一杂交组合 50 头重复 4 次，1—2 龄在 3 × 18 厘米指形管內，3—4 龄在 10 × 10 厘米的养虫缸內，5 龄后在 25 × 13 厘米的铁纱笼內进行饲育，逐日换以新鲜針叶，每龄脱皮后选出新脱皮的幼虫分别饲育，观测龄期、体重、体长等情况。

2. 个体饲育　每一杂交组合 5 头重复 4—5 次（即每个卵块內取 5 条幼虫），饲育在 3 × 15 厘米的指形管中，观测和集体饲育同。

室內第二批为 8 月 7 日前孵化的幼虫；每一杂交组合 10 头幼虫重复 3 次（即取 3 个卵块，饲育具同前），在虫笼內作室內集体饲育。饲育用具均及时消毒，防止病疫传播。

野外　第一批（7 月 31 日—8 月 5 日孵化）饲育的幼虫，先在玻缸內饲育达 3 龄时，然后用带纱布袖口的铁纱笼（25 × 13 厘米）套于林间的松树枝上，每笼 25 头幼虫，隔日检

查生活情况，产生一代后，统计当年完成一代的虫数，剩余虫数等。第二批饲育为 8 月 13 日孵化的幼虫，饲育于相互隔离的试验林区内，定期观察幼虫的活动情况，越冬前测定幼虫的体重和龄比情况。

三、試驗結果

（一）羽化时刻

表 1　赤松毛虫、油松毛虫和馬尾松毛虫成虫羽化时刻观察　　1963.7—8（北京）

种类 \ 羽化时刻		2	4	6	8—14		16	18	20	22	24	观察蛾数
油松毛虫	虫数	2	1	3	0	0	1	13	38	134	8	200
	%	1	0.5	1.5	0	0	0.5	6.5	19	69	4	
赤松毛虫	虫数	1	1	4	0	0	4	15	30	139	7	201
	%	0.5	0.5	2	0	0	2	7.5	14.9	69.2	3.5	
马尾松毛虫	虫数	1	1	3	0	0	0	2	3	53	6	69
	%	1.4	1.4	4.3				2.8	4.3	76.8	8.7	

表 1 所示：赤松毛虫、油松毛虫、马尾松毛虫在七、八月间羽化时，除雄蛾一般较早数日开始外，在每日的羽化时间，大致相仿，都在前半夜，而以晚间 9—10 时最多。这是进行种间杂交试验的有利时间。

（二）杂交率

据表 2 分析，可得下列几点结果：

1. 赤松毛虫、油松毛虫和马尾松毛虫皆可相互杂交，并且比较容易进行。

2. 各种松毛虫由于地理分布上相距远近不同，杂交率亦不一致。相距较远的如山东省牟平县、河北省迁西县和抚宁县等三地区的赤松毛虫和河北省平泉县、北京市两地区的油松毛虫杂交，其交配率和本种交配率比较，无显著差异，都达 50% 以上。交配时间、重复交配现象亦大体相同。相距较近的如迁西县的两种松毛虫的种间杂交，不及同种交配的顺利，其中赤松毛虫♀×油松毛虫♂交配率只 56.4%，而本种间的交配率皆达 80% 以上。

3. 马尾松毛虫和赤松毛虫的杂交率不高（11—31.2%），而马尾松毛虫与油松毛虫杂交率则较高（37—50%）。

4. 由杂交情况看，油松毛虫与赤松毛虫间血缘较近，马尾松毛虫与赤松毛虫或油松毛虫间的血缘则较远。

（三）交配活动情况

松毛虫成虫属于夜间活动的种类，其羽化、飞翔、交配和产卵均在夜间进行。一般都在夜间 19—5 时内进行交配。羽化当晚交配率最高，一般占 80% 以上，并且重复交配的现象增多。同种交配时，♀虫在羽化不到 15 分钟翅尚未展好时即可进行。最迟到羽化后 32 小时。异种杂交时，最快在羽化后 35 分钟（由于异种不在同笼羽化，羽化展翅约需 15—20 分钟后才移入同笼，所以交配时间比同种间迟），最迟在羽化后 51 小时进行。

不论是同种或异种相配的个体，交配时♂虫都比较活跃，羽化展翅后即飞翔求偶，经

表 2　赤松毛虫、油松毛虫和馬尾松毛虫相互杂交观察　　1963.8(北京)

松毛虫种类及采集地点	交配组合	配对数	交配数	交配率 %	交配时期				其中两次交配数	其中三次交配数
					羽化后当晚交配数	%	羽化后次晚交配数	%		
河北省平泉县油松毛虫	油♀×赤♂	54	31	57.4	30	96.7	1	3.2	3	0
	赤♀×油♂	54	36	66.7	30	83.3	6	16.7	2	0
河北省撫宁县赤松毛虫	赤♀×赤♂	29	17	58.6	17	100	0	0	3	0
	油♀×油♂	31	17	54.8	15	88.2	2	11.8	0	0
河北省迁西县赤松毛虫和油松毛虫	油♀×赤♂	119	91	76.5	82	90.1	9	9.9	21	5
	赤♀×油♂	124	70	56.4	40	57.1	26	37.1[1]	1	0
	赤♀×赤♂	73	60	82.1	57	95.0	3	5.0	9	0
	油♀×油♂	77	67	87.0	60	89.5	7	10.5	15	2
山东省牟平县赤松毛虫和河北省迁西县油松毛虫	油♀×赤♂	13	10	76.0	9	90.0	1	10.0	1	0
	赤♀×油♂	10	7	70.0	5	71.4	2	28.6	0	0
	赤♀×赤♂	10	7	70.0	5	71.4	2	28.6	0	0
河北省迁西县赤松毛虫和油松毛虫、浙江省温岭县马尾松毛虫	马♀×赤♂	16	5	31.2	3	60.0	2	40.0	0	0
	赤♀×马♂	17	2	11.7	2	100	0	0	0	0
	马♀×油♂	16	6	37.5	5	83.3	1	16.7	1	0
	油♀×马♂	16	8	50.0	7	87.5	1	12.5	6	0
	马♀×马♂	10	7	70.0	6	85.7	1	14.3	1	0
北京油松毛虫和河北省撫宁县赤松毛虫	油♀×油♂	10	5	50.0	4	80.0	1	20.0	0	0
	赤♀×油♂	10	6	60.0	3	50.0	3	50.0	0	0
	油♀×赤♂	20	15	75.0	13	86.6	2	13.4	3	0

1)　羽化后第三晚交配有 4 对，占交配虫数的 5.7%

常飞在♀虫两侧并排地停着。交配开始时，♀虫常张开翅膀，♂虫用尾端四处探索，与♀虫尾端相互衔接进行交配。查交配前的飞翔尤以羽化后第二或第三夜交配者比较显著。当交配过程中，♀蛾常静止于树枝上，而♂蛾多悬空倒掛于♀蛾的下方。

不论是同种或异种相配的个体，在交配前或交配后的成虫飞翔活动，都以晚间 9—11 时最激烈，黎明 4—5 时次之。在这些时间內成虫振翅和触撞虫笼的声音飒飒不停，当♀、♂拆对后就能产卵。

（四）杂交过程中择配情况

表 3　赤松毛虫和油松毛虫在同一籠中三头成虫择配情况　　1963.8(北京)

同笼内虫种组合 \ 观察虫数 \ 交配结果	观察虫数	油♀×赤♂	赤♀×赤♂	赤♀×油♂	油♀×油♂	未交配笼数
赤♀+赤♂+油♀	20	6	6	—	—	8
赤♀+赤♂+油♂	19	—	7	5	—	7
油♀+油♂+赤♀	20	—	—	5	10	5
油♀+油♂+赤♂	20	7	—	—	7	6

注　1)试虫采自河北省迁西县；2)总计交配率 41.4%；3)杂交率 18%

表 3 结果表明，迁西县的赤松毛虫和油松毛虫在 2♀1♂（油♀+赤♀+油♂或赤

♂)和 2♂1♀(油♂+赤♂+油♀或赤♀)同笼交配时，异种间油♀×赤♂的杂交和本种交配数相同；赤♀×油♂杂交低于同种的交配(见表 4)。

表 4 显示杂交率达 32.7%，而同种间交配率仅 25.1%，至少在自由择配情况下，杂交反高于同种间交配，其中尤以赤松毛虫的雄性的性活动比较強旺。

4 头成虫同笼交配中，有一对杂交的成虫(油♀×赤♂)，在分开的当晚♀虫产了少部分卵子后又和同种♂虫交配。这种情况属于重复交配，可能有混杂受精的现象。

这项观察说明：1)迁西县的赤松毛虫和油松毛虫的杂交，比较容易进行。2)赤松毛虫和油松毛虫杂交时油♀×赤♂组合的交配数较高，这可能和赤松毛虫♂有较強的活动力有关。3)当一笼配偶成虫较多时(3 头或 4 头)总的交配率有減低倾向，这可能和异种间相互竞争，飞翔活动频繁有关。

表 4　赤松毛虫和油松毛虫各一对在同籠內择配試驗(重复 52 次共 104 对)　1963 (北京)

交配组合	对数	百分率
油♀×油♂	18	17.3
赤♀×赤♂	4	3.8
油♀×赤♂	22	21.2
赤♀×油♂	12	11.5
未交配	48	46.2
总计	104	100.0

注　供试虫采自河北省迁西县

(五) 种間杂交后产卵孵化情况

表 5 所示种间杂交后的产卵孵化情况，从一般而论是比较良好的。

表 5　松毛虫杂交后产卵、孵化情况　1963.8 (北京)

观察项目 / 交配组合	供试蛾数[1]	平均产卵量	产卵率 %	平均孵化卵数	孵化率 %
河北省平泉县油松毛虫♀×♂	11	403.7	92.8	366.2	90.9
河北省撫宁县赤松毛虫♀×♂	11	370.0	91.9	321.1	86.8
平泉县油♀×撫宁县赤♂	22	315.1	82.0	252.3	80.5
撫宁县赤♀×平泉县油♂	22	268.2	96.2	231.7	86.2
河北省迁西县油松毛虫♀×♂	25	346.9	97.8	305.0	88.2
河北省迁西县赤松毛虫♀×♂	19	331.6	95.9	312.6	94.3
迁西县赤♀×迁西县油♂	41	320.5	93.0	269.3	83.8
迁西县油♀×迁西县赤♂	47	359.4	94.6	262.9	83.6
山东省牟平县赤松毛虫♀×♂	7	427.5	99.1	417.0	97.4
牟平县赤♀×迁西县油♂	7	490.9	98.6	283.1	57.5[2]
迁西县油♀×牟平县赤♂	10	379.7	98.5	364.7	96.0
浙江省溫岭县马尾松毛虫♀×♂	7	213.3	98.4	176.3	82.6
溫岭县马♀×迁西县赤♂	5	271.0	88.3	265.2	97.9
溫岭县马♂×迁西县赤♀	2	299.0	97.8	280.5	94.0
溫岭县马♀×迁西县油♂	5	307.2	91.8	291.6	94.9
迁西县油♀×溫岭县马♂	4	307.8	99.0	298.3	96.9

1) 供试蛾子的交配历时皆在 10 小时以上
2) 其中有 3 个卵块的卵子，在胚胎发育后期死亡

上表结果表明：1)赤松毛虫和油松毛虫的杂交，如用河北省平泉县、迁西县及北京市等同一省区范围內的种类，其产卵和孵化率皆达 80%以上。其中平泉县油♀×抚宁县赤♂组合产卵和孵化率都比对照组稍低，这一情况和完全未孵化卵块数的增多有关(虽经过 8 小时以上的交配，但所产卵子胚胎未发育干癟而死)，显然属于未授精的现象。

2）赤松毛虫和油松毛虫杂交中，如用距离较远的邻省材料在赤♀×油♂组合中平均孵化率较低，仅57.5%。

3）赤松毛虫和马尾松毛虫的杂交，在两个组合中产卵率和孵化率都达88—90%以上。

4）油松毛虫和马尾松毛虫的杂交，其两个组合的产卵和孵化率都达90%以上。

（六）杂交过程中交配时間的长短与孵化率的关系

不论同种或异种的交配，尽管夜间开始交配的时刻不同，但拆对时间却较一致，都在交配的次晚19时左右；在晴天光照较強时分开较晚，阴雨天光照较暗时分开较早，若将傍晚黑暗时交配的虫笼移在电灯光下，可延长1—2小时才分开。由此可见交配历时的长短，依赖于交配开始的迟早和当日的光照条件，一般为15—23小时。在人为情况下，如少于6小时，便影响卵子的受精，不能孵化出幼虫，一般交配在8小时以上的，就能完成受精作用（表6）。

表6 交配时間长短与卵子孵化的关系 （北京）

交配组合 / 项目 / 交配时间（小时）	油♀×赤♂			赤♀×油♂			赤♀×赤♂			油♀×油♂		
	产卵数	孵化数	孵化%	产卵数	孵化数	孵化%	产卵数	孵化数	孵化%	产卵数	孵化数	孵化%
4	218	0	0	192	0	0	147	0	0	203	0	0
6	184	0	0	193	0	0	201	0	0	219	0	0
8	226	221	97.8	326	318	96.9	288	270	93.7	282	276	98.2
10	391	351	89.8	305	297	97.1	297	383	96.5	420	403	95.9

注 系人工控制下，3个蛾子的平均数

（七）杂交后的成虫生活期及逐日产卵情况

表7 赤松毛虫和油松毛虫杂交后成虫生活天数 1963（北京）

项目 / 组合	雌虫				雄虫			
	观察虫数	最长	最短	平均	观察虫数	最长	最短	平均
赤松毛虫	35	8	2	4.6	32	7	1	4.0
赤♀×油♂	102	9	2	4.9	100	9	2	4.3
油松毛虫	61	9	1	5.8	65	8	3	5.0
油♀×赤♂	104	10	2	6.1	103	8	2	4.6

表7表明：交配后赤松毛虫的雌虫生活期为4.6天，雄虫为4天。油松毛虫雌虫为5.8天，雄虫为5.0天，两种杂交后对成虫的生活期沒有明显的影响。

表8表明：赤松毛虫和油松毛虫杂交对雌蛾的产卵次数及每次产卵率也沒有大的影响，它们都是在交配分开的当晚产下70%以上的卵子，以后数晚的产卵都比较零星了。

（八）赤松毛虫×油松毛虫杂种第一代(F_1)幼虫的生长发育情况

1）第一批（8月8日前）孵化的赤松毛虫×油松毛虫杂种第一代幼虫的生长发育：

第一批孵化的杂种第一代幼虫不但能正常生长和发育，而且两种杂交组合在当年完成的一代虫百分率均高于非杂交的亲本，其中赤♀×油♂为最高，在不同方式饲育中分别为44%、7%、26.6%、12%。油♀×赤♂次之，分别为16.2%、2%、6.6%、6.7%，而非杂

表 8　松毛虫用不同方式杂交后逐日产卵情况　　1963.8

交配组合	试虫号 \ 产卵天数	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	产卵总数
赤♀×赤♂	1	302	16	4	0	0	△	322
	2	274	54	12	0	△		340
	3	321	109	28	4	0	△	462
	4	278	132	24	0	0	△	434
	5	347	41	6	2	0	0	396
	6	180	0	12	0	△		201
	平均%或(卵数)	79.8	16.2	3.9	0.3	0	0	(359.2)
赤♀×油♂	1	207	5	0	0	△		212
	2	268	133	39	10	0	△	450
	3	227	56	23	4	0	0	310
	4	172	0	0	0	△		172
	5	368	9	0	0	△		377
	6	544	134	21	39	18	0	756
	平均%或(卵数)	78.5	14.7	3.7	2.4	0.8		(379.5)
油♀×油♂	1	188	21	0	△			209
	2	356	10	4	0	0	0	370
	3	274	38	0	0	△		312
	4	128	64	9	0	0	0	205
	5	237	152	21	2	0	0	412
	6	286	8	0	0	△		294
	平均%或(卵数)	81.7	16.2	2.0	0.1	0		(300.3)
油♀×赤♂	1	251	11	0	0	△		262
	2	162	81	10	2	0	0	256
	3	278	69	0	△			347
	4	289	0	4	0	0	0	293
	5	256	121	13	0	0	△	390
	6	176	18	0	0	△		194
	平均%或(卵数)	80.4	17.1	1.5	0.1	0		(290.3)

△ 示蛾子死亡。

交的亲本只有个别的完成一代虫。它们的死亡虫率和进入越冬虫率都居于双亲之间(死亡率以赤松毛虫最高,越冬虫率以油松毛虫最高)(表 9)。

杂种完成一代所需的日期，不论在个体或集体饲育下都居于双亲之间。赤♀×油♂为 85.3 天(个体)和 72.2 天(集体),油♀×赤♂为 84.8 天(个体) 和 69.4 天 (集体)。赤松毛虫个体饲育下为 77.9 天,油松毛虫为 91.8 天 (个) 和 81 天(集体)。赤松毛虫在 3 龄后显著的短于油松毛虫(表 10、表 11)。

就集体饲育下 3—4 龄幼虫的平均体重而论，杂种 3 龄体重介于双亲本之间，到 4 龄时便高于亲本(表 12)。

2) 第二批(8 月 14 日)孵化的赤松毛虫×油松毛虫杂种第一代(F_1)幼虫的发育：

第二批孵化的杂种幼虫和亲本一样,亦可正常生长和发育，但由于孵化期较晚，当年

表 9 赤松毛虫×油松毛虫杂种第一代幼虫(F_1)在不同飼育条件下的生长和发育 1963

饲育方法	组合	供试虫数	幼虫孵化日期	当年完成一代虫		死亡虫		越冬虫		备注
				数量	占%	数量	占%	数量	占%	
室內个体（第一批）	油松毛虫	20	7月27—29日	2	10	5	25	13	65	每组5头重复4—5次
	赤松毛虫	20	7月26—28日	2	10	10	50	8	40	
	赤♀×油♂	25	7月27—28日	11	44	5	20	9	36	
	油♀×赤♂	25	7月26—29日	4	16	10	40	11	44	
室內集体（第一批）	油松毛虫	200	7月27—29日	1	0.5	157	79.3	40	20.2	每组50头重复4次
	赤松毛虫	200	7月26—28日	0	0	200	100	0	0	
	赤♀×油♂	200	7月27—28日	14	7.0	163	83.5	23	10.5	
	油♀×赤♂	198	7月26—29日	4	2.0	177	88.5	19	9.5	
室內集体（第二批）	油松毛虫	30	8月6日	0	0	18	60.0	12	40	每笼10头重复3次
	赤松毛虫	30	8月7日	0	0	25	83.3	5	16.6	
	赤♀×油♂	30	8月8日	8	26.6	14	46.6	8	26.6	
	油♀×赤♂	30	8月6日	2	6.6	18	60.0	10	33.3	
野外集体	油松毛虫	75	8月1日	0	0	36	48.0	39	52.0	每笼25头重复3次
	赤松毛虫	75	7月31日	0	0	56	74.7	19	25.0	
	赤♀×油♂	75	7月31日	9	12	42	56.0	24	32.0	
	油♀×赤♂	75	8月1日	5	6.7	53	70.6	17	22.6	

表 10 赤松毛虫×油松毛虫 F_1 在個体飼育下的生长发育日期 1963（北京）

组合 \ 虫期		卵	一龄	二龄	三龄	四龄	五龄	六龄	七龄	茧蛹	合计
油♀×赤♂	幅度	8—9	5—6	4—5	5—10	6—14	7—16	11—20	18（仅一头）	15—28	
	平均	8.4	5.6	4.6	6.4	9.9	10.8	17.3	—	21.8	84.8
赤♀×油♂	幅度	7—8	5—6	4—5	5—10	5—16	8—15	12—13	14（仅一头）	18—25	
	平均	7.8	5.2	4.8	7.3	10.1	13.2	15.0	—	21.9	85.3
赤松毛虫	幅度	8	5—6	4—5	6—7	4—8	8—10	15—18	—	22—24	
	平均	8	5.3	4.3	6.5	5.9	8.4	16.5	—	23.0	77.9
油松毛虫	幅度	7—8	5—6	4	7—14	5—17	10—14	16—22	—	21—24	
	平均	7.5	5.3	4	11.7	9.0	12.3	19.7	—	22.3	91.8

注 观察虫数即表9中当年完成一代的虫数。

表 11 赤松毛虫×油松毛虫(F_1)在集体飼育条件下的生长发育日期 1963（北京）

组合 \ 虫期		卵	一龄	二龄	三龄	四龄	五龄	六龄	茧蛹	合计
油♀×赤♂	幅度	8—9	6—8	4—6	5—9	4—10	8—9	8—10	18—19	
	平均	8.5	6.4	4.9	6.3	5.3	8.2	9.5	18.3	67.4
赤♀×油♂	幅度	7—8	5—8	4—6	4—8	4—14	5—12	6—14	20—24	
	平均	8	6.5	4.7	5.8	5.9	7.1	11.1	23.1	72.2
赤松毛虫	幅度	8	6—9	4—6	5—7	4—6	—	—	—	
	平均	8	6.8	4.8	5.4	5.0	—	—	—	—
油松毛虫	幅度	7—8	5—7	4—6	6—9	4—10	5—17	17	20	
	平均	7.5	6.1	4.6	7.3	5.8	12.7	17	20	81.0

表 12　集体飼育下赤松毛虫×油松毛虫 F_1 3—4 龄的体重测定

组合	3龄		4龄		注
	重量(头)	供试虫(头)	重量(头)	供试虫(头)	
油松毛虫	0.0592	82	0.215	36	在龄末时测定
赤松毛虫	0.0783	85	0.2141	22	
赤♀×油♂	0.0745	80	0.2148	65	
油♀×赤♂	0.0775	60	0.2168	36	

不再完成一代虫，生长达 4—5 龄时便进入越冬。将进入越冬的杂种幼虫平均个体重，以 0.068 克(油♀×赤♂ F_1)和 0.051 克(赤♀×油♂ F_1)，高于非杂交亲虫(油松毛虫为0.065 克、赤松毛虫为 0.048 克)，其越冬幼虫的 5 龄百分率亦高于非杂交亲本(表 13)。

表 13　赤松毛虫×油松毛虫(F_1)幼虫在林間飼育下經 47 天后生长发育情况　　1963(北京)

组合	观测虫数	幼虫龄期比例		虫体总重量(克)	幼虫个体重量		
		IV%	V%		平均	最大	最小
油松毛虫	50	20	80	3.228	0.065	0.079	0.047
赤松毛虫	50	4	96	2.378	0.048	0.062	0.031
油♀×赤♂	50	16	84	3.382	0.068	0.083	0.032
赤♀×油♂	50	14	86	2.529	0.051	0.062	0.037

注　各组合皆为三个卵块孵化的幼虫，8 月 14 日孵化，在 9 月 30 日测定。

这种体重和龄期比较高的情況，仅就在越冬期间抵抗不良环境来说，杂种幼虫处于显著有利条件。据 1962 年在林间的饲育结果，8 月 12 日孵化的不同组合幼虫，到越冬时(10 月下)杂种幼虫死亡最少，生长亦较健壮。它们以 5 龄幼虫进行了正常的越冬。越冬后(在 1963 年 3 月中)便继续取食，5 月中便进入老熟幼虫期。

总结上述情况，赤松毛虫×油松毛虫杂种第一代，有显著的杂种优势现象。据严静君等(1958)观察，北京地区的油松毛虫年发生 1—2 代，以二代居多数，产生二代虫的多少，与秋季幼虫的孵化期迟早有关，7 月下旬孵化的幼虫，就不再继续发育完成下一代虫，生长达 4—5 龄时便进入越冬。我们在北京两年来的饲育结果，基本上也是同样情况。7 月下旬—8 月上旬孵化的油松毛虫幼虫，只有极少数个体能完成下一代虫的发育；尽管孵化较晚的幼虫继续发育完成下一代虫率小，但和赤松毛虫比较个体较重，死亡率较低，进入越冬的幼虫数较多，生长较健壮，在北京情况下油松毛虫对于环境条件的抵抗性较強。

据宋士美(1961)观察，赤松毛虫在抚宁县一年发生一代，而在北京地区沒有它们的踪迹。今用人工移入，进行饲育试验，死亡率较高，平均体重较轻，在饲育中幼虫至 5—6 龄时就大量死亡，可能与风土食物有关。

至于杂种幼虫，则具有油松毛虫适应性強和赤松毛虫发育快的双亲特性，所以就明显的表现了在当年完成一代发育的比率高，死亡率减低，平均个体重增加等优势情况。Кузнецов (1962) 曾研究了西伯利亚松毛虫♂ (*Dendrolimus sibiricus*) × 欧洲松毛虫♀ (*D. pini*)第一代杂种的光周期和温度的反应，他发现杂种幼虫具有父本、母本、中间、新有等四种类型的生态特性。其中中间、新有两种类型，比其亲本有更強的适应性。本工作虽未证明杂种分离出多种的特性，但杂种优势情况则是很显著的。

（九）赤松毛虫×油松毛虫杂种第一代蛹性比，和成虫产卵情况

杂种第一代幼虫不论在个体和集体饲育条件下，都产生了雌蛹和雄蛹。以集体饲育所得蛹而论，油♀×赤♂杂种♀蛹占52%，赤♀×油♂杂种♀蛹占30%。成虫的产卵量以赤♀×油♂杂种较高，平均278粒，油♀×赤♂杂种较低，平均120粒（表14）。由于观察个体较少，尚不能有所定论，但杂种有产卵能力是无疑的。

表14 在集体饲育下所得赤松毛虫×油松毛虫杂种蛹的性比和成虫产卵情况 1963（北京）

组合	蛹数	雌蛹		雄蛹		成虫产卵量	
		数量	占%	数量	占%	观察虫数	卵子数
赤♀×油♂	40	12	30.0	28	70.0	5	278
油♀×赤♂	48	25	51.1	23	47.9	19	120

（十）赤松毛虫×油松毛虫杂种第一代成虫的交配、产卵、孵化发育情况

（油♀×赤♂）杂种和油松毛虫回交时的交配率为100—73%，卵的孵化率达91%以上。（赤♀×油♂）杂种和油松毛虫回交，其交配率、孵化率皆达98%。杂种间杂交时，交配率和孵化率都较低。（赤♀×油♂）杂种和赤松毛虫回交时，有两对成虫进行了交配，但产下的卵却沒孵化出幼虫。

表15 赤松毛虫×油松毛虫(F_1)成虫交配、产卵、孵化情况 1963（北京）

组合	配对数	交配数	交配%	平均产卵量	平均孵化数	孵化%
（油♀×赤♂）F_1 ♀×油♂	15	11	73.3	112.7	104.2	92.4
（油♀×赤♂）F_1 ♂×油♀	8	8	100	243.5	222.3	91.3
（赤♀×油♂）F_1 ♂×油♀	3	3	100	200.3	197	98.3
（油♀×赤♂）F_1 ♂×（油♀×赤♂）F_1 ♀	2	1	50	178	134	75.3
（赤♀×油♂）F_1 ♂×（油♀×赤♂）F_1 ♀	3	1	33.3	133	68	51.1
（赤♀×油♂）F_1 ♂×（赤♀×油♂）F_1 ♀	4	3	75	379.3	261.3	68.9
（赤♀×油♂）F_1 ♀×赤♂	1	1	100	198	0	0
（赤♀×油♂）F_1 ♂×赤♀	1	1	100	260	0	0
油松毛虫（对照）	5	4	80	172.8	153.8	89.0
赤松毛虫（对照）	1	1	100	113	67	59.3

在温箱內饲育了（赤松毛虫×油松毛虫）F_1 × 油松毛虫后代幼虫，能完成发育，也产生了雌雄后代成虫，但由于冬季松针变质，食料的影响较大，所以死亡虫数较多（见表16）。

表16 （赤松毛虫×油松毛虫）F_1 成虫×油松毛虫的后代发育情况

组合	饲育幼虫数	完成发育虫数	幼虫发育期（天）	蛹期（天）	总计	
油松毛虫	25	2	43.4	11.5	59.9天	1♀1♂
（油♀×赤♂）F_1 ♀×油♂	25	3	56.6	11.5	64.5	2♀1♂
（油♀×赤♂）F_1 ♂×油♀	25	3	54.3	18.2	72.5	2♂1♀
（赤♀×油♂）F_1 ♂×油♀	15	1	29.6	16	44	♀

注 王子清同志协助此项饲育工作，特此致谢。

上表说明，油松毛虫和赤松毛虫杂种后代，仍有繁殖能力。

四、討　論

1. 从两年来试验所知，赤松毛虫和油松毛虫比较容易进行种间杂交，交配时并无严格选择同种的现象。在自然界两种松毛虫分布接连地区，如迁西县两个种的生存地点相距仅 40—50 里，在地形上又无高山大水阻隔，两种松毛虫成虫的发生期亦比较接近，它们就有可能进行种间杂交。

我们在试验这两种松毛虫杂交时，择配现象并不显著，杂交后的产卵和孵化率也无明显影响。杂种第一代又表现出发育优势，也有生殖能力。因此，在自然界产生种间杂交，易于造成猖獗，至少在杂种第一代会引起虫口数量的上升。

2. 赤松毛虫和油松毛虫的杂交，由于虫源地区不同交配率亦不甚一致，这种现象除了试验误差外，可能是由于两地的生态条件不同引起的种羣间差异所致。

3. 马尾松毛虫、油松毛虫和赤松毛虫杂交，交配率不同。以马尾松毛虫×赤松毛虫的交配率最低(11—31%)，可能由于亲缘关系较远的缘故。

4. 种间杂交和飞翔关系很密切。雄蛾飞向雌蛾，因雌蛾具有強烈的性引诱物质，这种性引诱物质在异种间也可能起到一定作用。至于雌虫的飞翔，除交配外，主要是选择适宜的产卵场所。总之，雌雄成虫的飞翔显然是围绕着交配和产卵为中心而进行的，这对于种羣扩散或数量消长都有密切关系。

5. 利用山东省牟平县的赤松毛虫和河北省迁西县的油松毛虫杂交，其卵子孵化率仅 57%；杂种第一代成虫相互杂交，其卵子孵化率仅 56%。(赤♀×油♂) F_1 和赤松毛虫回交者，所产卵子不孵化。这些情况，除我们观察虫数较少可能引起的误差外，初步看到了不同地理种羣间通过杂交和回交上能出现不育的现象，值得作进一步研究。

6. 马尾松毛虫×油松毛虫、马尾松毛虫×赤松毛虫的第一代杂种幼虫，在野外饲育结果：油♀×马♂杂种幼虫，和马尾松毛虫对照都有少数个体在当年完成了一代虫。赤松毛虫×马尾松毛虫，死亡较多，但也保留部分幼虫进入了越冬。可见这些杂种后代，均可正常生长和发育。

除以上三种松毛虫杂交外，其他种类的松毛虫、特别是油松毛虫、赤松毛虫和西伯利亚松毛虫、马尾松毛虫和西昌松毛虫、云南松毛虫、赭色松毛虫、思茅松毛虫等，在地理分布上比较近而连接的地区，它们相互杂交的可能性较大。Кузнецов (1962) 曾发现西伯利亚松毛虫♀和欧洲松毛虫♂杂交后，产生不育，卵在胚胎发育的后期死亡。因而种类间杂交不论是产生不育或杂种优势，对于种羣数量消长都是直接有关的。

7. 最近 Рожков (1963) 报导，西伯利亚松毛虫的分布，在苏联南部山区自乌拉尔森林草原开始(约北纬 53°)包括别洛列茨克市 (Белорецки) 和特洛茨克(Тропцкие)的落叶松林、松树-落叶松人工林，一直到库尔干 (Курган) 中心和欧洲松毛虫的分布相互交差，他认为在这些地区可能产生种间杂交。 他从沃斯克烈先斯科耶 (Воскресенское) 库尔干昆虫学家搜集品中，看到外形极象西伯利亚松毛虫(*D. sibiricus*) × 欧洲松毛虫(*D. pini*)的成虫标本。但未进一步作有关自然界种间杂交的研究。我们从室内杂交结果虽作出了上述有关的推论，但对于松毛虫杂种在自然界存在与否，以及杂种后代的分离等情况，尚有待进一步深入研究必要。

参 考 文 献

蔡邦华、刘友樵 1962。中国松毛虫属的研究及新种记述。昆虫学报 **11**(3)：237—52。

刘友樵 1963。松毛虫属 (*Dendrolimus* Germar) 在中国东部的地理分布。昆虫学报 **12**(3)：345—52。

严静君等 1958。北京西山油松毛虫的研究。森林昆虫论文。第一集 155。

Downes, J. A. 1959. *The gypsy moth and some possibilities of the control of insects by genetic means. Canad. Ent.* **91**(10):661—4.

Linquist, A. W. 1961. New ways to control insects. *Pest Control.* **29**(6):9—19, 36—40.

Shigeru, Albert Ae 1961. A study of interspecific hybrids in black swallowtails in Japan. *J. Lepidop. Soc.* **3**:175—90.

Turner, Neely 1960. The effect of inbreeding and crossbreeding on numbers of insects. *Ann. Entomol. Soc. America.* **53**(5):686—8.

Кузнецов, И. 1962. Фотопериовическая и температурная реакции межвивовых тибридов ♀ *Dendrolimus pini* L. × ♂ *D. sibiricus* Tshtv. (Lepidoptera, Lasiocampidae). *Зоол. ж.* **41**(4): 571—85.

Рожков, А. С. 1963. Сибирский шелкопряд. АН СССР, сиб. отдел. Восточно-сибирский биологический институт. М., Р. 40.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕЖВИДОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ И БИОЛОГИИ ГИБРИДОВ У СОСНОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

Цай Пан-хуа,　Хоу Тао-цянь и Сун Ши-мэй
(Зоологический институт АН Китая)

1. По результатам экспериментов, проведенных в течение 1962—1963 гг. в Пекине, показано, что гибридизация среди *Dendrolimus spectabilis*, *D. tabulaeformis* и *D. punctatus* может проводиться, а у *Dendrolimus spectabilis* и *D. tabulaeformis*, распространенных в близких районах (например, в уезде Цяньси провинции Хэбэй), она осуществляется еще более легко.

2. После скрещивания с *D. tabulaeformis* или *D. spectabilis* процент отложенных яиц и вылупившихся из них гусениц у *D. punctatus* составлял выше 90%. Первое гибридное поколение его (F_1) расло и развивалось нормально.

3. Гибридизация *D. spectabilis* × *D. tabulaeformis* не оказывала заметного влияния на продолжительность жизни бабочек и ежедневную откладку яиц. При этом продолжительность спаривания достигала 8 часов, и процент отложенных яиц и вылупившихся из них гусениц составлял выше 80%.

4. У гибридных гусениц первого поколения (F_1) *D. spectabilis* × *D. tabulaeformis* проявлялось явное гибридное преимущество: из гусениц, вылупившихся до 24 июля—8 августа, процент гибридных гусениц, успевших совершить одно поколение в этом же году, был выше чем нормальные; а продолжительность развития F_1 была короче чем последние. У зимующих гусениц первого гибридного поколения, которые вылупились из яиц 14-го августа, средний вес тела также был больше нормальных.

5. Первое гибридное поколение (F_1) *D. spectabilis* × *D. tabulaeformis* могло дать и самок и самцов, и эти бабочки обладали опрещеленной плодовитосью. Причем они были способны осуществить повторное скрешивание с бабочками *D. tabulaeformis*. Процент вылупившихся гусениц следующего поколения достигал выше 90%, и они обладали способностью совершить полный жизненный цикл.

6. При скрещивании *D. spectabilis* × *D. tabulaeformis*, распространенных в обеих далеких районах (например, *D. spectabilis* из уезда Мупин провинции Шаньтун с *D. tabulaeformis* из уезда Цяньси провинции Хэбэй), вылупилось только 57% гусениц, а у F_2—только 56%. При скрещивании F_1 с *D. spectabilis* получились только неплодовитые яица. Из-за недостатка подопытных объектов все вышесказанные результаты еще нельзя считать окончательными, и требуется дальнейшего исследования. Однако, они все-таки представили нам возможность использования стерильности путем гибридизации для борьбы с сосновым шелкопрядом.

7. Наши опыты при лабораторных условиях также указали, что осуществление гибридизации двух видов соснового шелкопряда в соприкасающихся районах совершенно возможно. И поэтому при исследовании динамики численности популяции вредителей кроме климатических и биологических факторов и фактора питания также имеет немалое значение и гибридное преимущество.